

بررسی انطباق دبی موثر بار معلق و دبی با دوره بازگشت ۱/۵ سال در رودخانه‌های حوزه آبخیز دریاچه نمک

جعفر دستورانی^۱، مربی دانشکده منابع طبیعی، دانشگاه کردستان

علی فضل الهی، کارشناس ارشد آبخیزداری، دانشکده منابع طبیعی، دانشگاه تهران

علی سلاجقه، استادیار دانشکده منابع طبیعی، دانشگاه تهران

قاسم دستورانی، کارشناس اداره محیط زیست، شهرستان سبزوار

پذیرش مقاله: ۱۳۸۹/۰۴/۲۷

دریافت مقاله: ۱۳۸۸/۱۱/۲۵

چکیده

دبی موثر بار معلق، که بیشترین رسوب معلق را در مقایسه با سایر دبی‌ها در رودخانه‌ها حمل و شرایط بستر را تحت کنترل دارد، معیاری در ارزیابی وضعیت آب از نظر رسوب است. عمدتاً عقیده بر این است که دبی موثر بار معلق، دوره بازگشت ۱/۵ ساله داشته، برابر با دبی سطح مقطع پر و دبی غالب رودخانه‌ها است. به‌منظور بررسی انطباق دبی موثر بار معلق و دبی با دوره بازگشت ۱/۵ سال، براساس داده‌های دبی جریان روزانه و حمل رسوب معلق در ده ایستگاه آب-سنجی واقع بر روی رودخانه‌های حوزه آبخیز دریاچه نمک ابتدا تابع چگالی احتمال جریان روزانه و سپس منحنی سنجه رسوب ترسیم شد. در مرحله بعد با به‌کارگیری و ضرب ضرایب منحنی سنجه رسوب در تابع چگالی احتمال جریان روزانه، تابع چگالی احتمال رسوب معلق ترسیم شد که حالت مضرس داشته، مقدار پیک آن، دبی موثر بار معلق است. در نهایت دوره بازگشت آن بر روی سری جریان حداکثر سالانه به روش تجربی ویبول محاسبه شد. نتایج حاصل از این تحقیق نشان داد که انطباقی بین دبی موثر بار معلق و دبی با دوره بازگشت ۱/۵ سال وجود ندارد و نسبت مقدار دبی موثر بار معلق به مقدار دبی با دوره بازگشت ۱/۵ سال بین ۱/۰۳ تا ۱۶/۸ تغییر می‌کند. با وجود این، انجام تحقیقات بیش‌تر تا رسیدن به یک نتیجه قطعی ضروری است.

واژه‌های کلیدی: ایستگاه آب‌سنجی، تابع چگالی احتمال، جریان روزانه، منحنی سنجه رسوب، ویبول

مقدمه

حمل بار معلق در رودخانه‌ها ممکن است به صورت طبیعی (در سامانه‌های پایدار) و یا به صورت مخرب (در مواردی که مقدار فرسایش و رسوب بیش‌تر از ظرفیت حمل رودخانه است) اتفاق بیافتد. رودخانه‌های ناپایدار بر اثر رسوبات و جریان آب دست‌خوش تغییرات متعدد مورفولوژیکی و هیدرولیکی قرار می‌گیرند. در این بین، دبی موثر بار معلق، اطلاعات بسیار مهمی در زمینه بزرگی و فراوانی دبی‌های مختلف انتقال رسوب از حوزه‌های آبخیز به دست می‌دهد. دبی موثر، دبی یا محدوده‌ای از دبی‌ها است که بیش‌ترین مقدار رسوب سالانه را در طولانی مدت در مقایسه با سایر دبی‌ها در رودخانه‌ها حمل می‌نماید و در منابع از آن به‌عنوان دبی مقطع پر، دبی کنترل‌کننده مقطع عرضی رودخانه و دبی غالب ۱/۵ ساله یاد شده است (Miller و Wolman، ۱۹۶۰؛ Dunne و Leopold، ۱۹۷۸؛ Nolan و همکاران، ۱۹۸۰؛ Biedenharn و همکاران، ۱۹۸۷؛ Crowder و Knapp، ۲۰۰۵). از آنجایی که دبی موثر بار معلق، عامل شکل‌دهنده بستر و مورفولوژی عرضی کانال است، از اهمیت زیادی در علم مهندسی رودخانه برخوردار است. لذا اگر مقادیر چنین دبی‌هایی موجود باشد، می‌توان به‌طور نظری کانال‌هایی طراحی

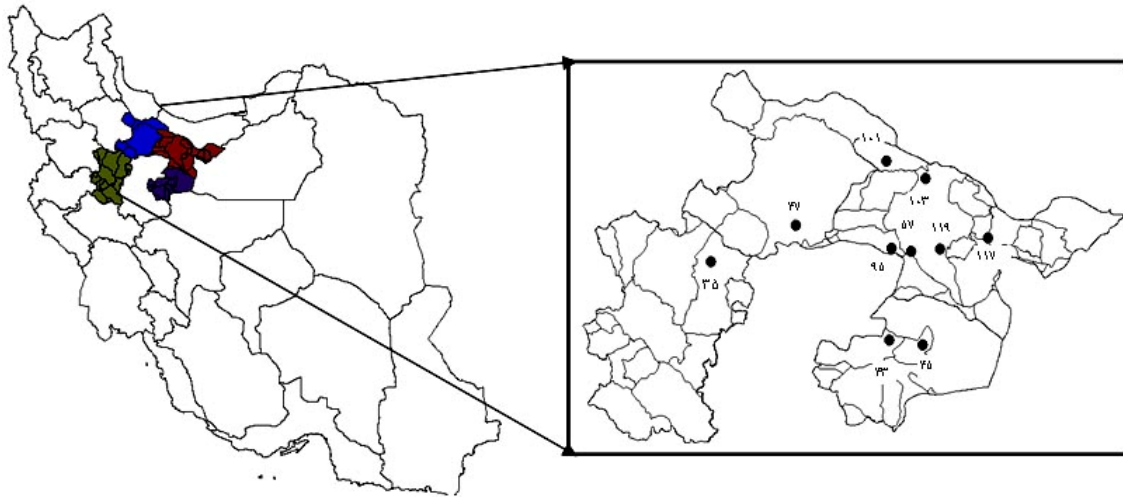
^۱ j_dastorani@yahoo.com

نمود که در حالت پایدار باشند (Thorne و همکاران ۱۹۹۶ و FISRWG^۱ ۱۹۹۸). تحقیقات زیادی در مورد خصوصیات دبی موثر بار معلق به‌ویژه دوره بازگشت آن انجام شده است. Miller و Wolman (۱۹۶۰)، دبی موثر را برای بار معلق و Andrews (۱۹۸۰) و Emmett و Wolman (۲۰۰۱)، دبی موثر را برای بار کف و بار کل رسوبی استفاده نمودند. این محققین دریافتند که دبی موثر بار کف ممکن است در سامانه‌های رودخانه‌ای طبیعی به صورت دبی ۱/۵ ساله و در سامانه‌های رودخانه‌ای پایدار به صورت سطح مقطع پر بیان شود. Warner و Pickup (۱۹۷۶)، دبی غالب را به طور متوسط ۱/۵۸ سال در سری دبی‌های حداکثر سالانه با استفاده از معادلات حمل رسوب بار کف بیان نمودند. Nash (۱۹۹۴)، با استفاده از اطلاعات ۵۵ ایستگاه رسوب سنجی در رودخانه‌های ایالت متحده، دوره بازگشت دبی موثر بار معلق را حدود یک سال به‌دست آورد. دبی موثر در حوضه‌هایی با مساحت‌های مختلف نیز متفاوت از یک‌دیگر است، به‌طوری‌که در حوضه‌های آبخیز کوچک‌تر پدیده‌ای نادر است (Costa, ۱۹۷۴; Grant و همکاران، ۱۹۹۰). Emmett (۱۹۷۵)، دریافت که دبی مقطع پر در آبراهه‌های مختلف رودخانه سالمون در آیداهو دوره بازگشت ۱/۵ سال داشته و برابر دبی موثر در رودخانه‌های پایین دست است. برابری این دو دبی در رودخانه‌های بزرگ‌تر، که عمدتاً ماسه و رسوبات ریز دانه را حمل می‌کنند، به اثبات رسیده است (Biedenharn و Thorne، ۱۹۹۴). Whiting و همکاران (۱۹۹۹)، دوره بازگشت دبی موثر بار کف را ۱/۴ و دبی مقطع پر را به‌طور متوسط دو سال و در محدوده ۱/۱ تا ۴/۸ سال برآورد نمودند. Simon و Heins (۲۰۰۲)، دوره بازگشت دبی موثر بار معلق را نزدیک به ۱/۵ سال می‌دانند. Simon و همکاران (۲۰۰۴)، با مطالعه در ۲۹۰۰ ایستگاه در ایالت متحده نتیجه گرفتند که دوره بازگشت دبی موثر بار معلق از ۱/۱ تا ۱/۷ سال تغییر می‌کند و بنابراین دبی ۱/۵ ساله تقریب خوبی از دبی موثر بار معلق و حتی دبی مقطع پر است. اگرچه اکثر محققین دوره بازگشت مقطع پر و دبی موثر را به‌طور متوسط ۱/۵ سال می‌دانند. Williams (۱۹۷۸)، دوره بازگشت دبی مقطع پر را ۲۵ سال و Nolan و همکاران (۱۹۸۷)، دوره بازگشت دبی مقطع پر را ۱۱ تا ۱۰۰ سال و چندین برابر بزرگ‌تر از دبی موثر بار معلق با دوره بازگشت ۰/۲۷ تا ۴/۶ به‌دست آوردند. Pitlick (۱۹۸۸)، دوره بازگشت دبی موثر را در کانال‌های با شیب کم‌تر از یک درصد، کم‌تر از دو سال و در کانال‌های با شیب دو درصد، بیش از ۷۵ سال در هفت ایستگاه آب‌سنجی در کالیفرنیا شمالی به‌دست آورد. Knapp و Crowder (۲۰۰۵)، مقدار و دوره بازگشت دبی موثر را متاثر از تعداد طبقات انتخابی برای دبی جریان و نیز روش تخمین میزان رسوب مربوط به هر طبقه دانسته‌اند. به‌طور کلی نتایج ایشان در ۲۳ ایستگاه آب-سنجی در رودخانه ایلینویز نشان داد که دوره بازگشت دبی موثر از کم‌تر از ۰/۱ تا ۱/۲۳ سال تغییر می‌کند و در هر حال کم‌تر از ۱/۵ سال است. پس با وجود نتایج مختلف به‌دست آمده در نقاط مختلف دنیا، آیا می‌توان دبی موثر بار معلق را همان دبی با دوره بازگشت ۱/۵ سال بیان نمود؟ هدف از این تحقیق، ضمن تعیین خصوصیات دبی موثر بار معلق شامل مقدار، مدت زمان تداوم (فراوانی) و دوره بازگشت در ۱۰ ایستگاه رسوب سنجی بر روی رودخانه‌های ناپایدار حوزه آبخیز دریاچه نمک و بررسی انطباق آن با دبی با دوره بازگشت ۱/۵ سال (Q_{۱/۵}) است.

مواد و روش‌ها

موقعیت منطقه مورد مطالعه: حوزه آبخیز دریاچه نمک به مساحت حدود ۹۲۶۷۰ کیلومتر مربع در محدوده ۴۸°۰۷' تا ۲۹°۵۲' طول شرقی و ۳۳°۰۰' تا ۱۰°۳۶' عرض شمالی جغرافیایی واقع شده است. در این تحقیق ده ایستگاه رسوب‌سنجی بر روی رودخانه‌های حوزه آبخیز دریاچه نمک که دارای بیش از ده سال داده مورد نیاز (Biedenharn و همکاران ۱۹۹۹) بوده‌اند برای تعیین خصوصیات دبی موثر بار معلق انتخاب شدند (شکل ۱). ایستگاه‌های انتخابی بر اساس آمار موجود تا سال ۸۰-۱۳۷۹ دارای ۲۲ تا ۳۱ سال آمار رسوب معلق و مساحت حوزه-های آبخیز محصور به این ایستگاه‌ها بین ۱۶۵ تا ۱۷۶۲۲ کیلومتر مربع است (جدول ۱).

^۱ Federal Interagency Stream Restoration Working Group



شکل ۱- موقعیت ایستگاه‌های مورد مطالعه

جدول ۱- خلاصه ویژگی‌های ایستگاه‌های مورد مطالعه

ایستگاه	رودخانه	کد ایستگاه	مساحت (Km^2)	دوره آماری (سال آبی)		تعداد سال آماری موجود	تعداد نمونه رسوب	متوسط دبی روزانه ($m^3 s^{-1}$)	میانگین بار معلق روزانه (ton)
				دبی آب	دبی رسوب				
آبشینه	یالغان	۴۱-۰۳۵	۱۶۵	۱۳۴۴-۷۴	۱۳۴۴-۷۴	۳۱	۵۲۱	۶/۰۷	۳۱/۹
صالح آباد	صالح آباد	۴۱-۰۴۳	۱۸۰	۱۳۵۰-۷۴	۱۳۵۰-۷۴	۲۴	۱۶۷	۴/۱۷	۳۳/۹۸
بهدار بیک	بهدار بیک	۴۱-۰۴۵	۲۰۰	۱۳۵۰-۷۴	۱۳۵۰-۷۴	۲۳	۱۵۶	۴/۱	۲۸/۵۶
کوشک آباد(همدان)	سیمینه رود	۴۱-۰۴۷	۲۴۵۰	۱۳۴۷-۷۴	۱۳۴۷-۷۴	۲۲	۲۱۳	۱۱/۹۱	۳۶/۲۳
بند شاه عباسی ساوه	وفرقان	۴۱-۰۵۷	۱۷۶۲۲	۱۳۴۷-۷۴	۱۳۴۷-۷۴	۲۳	۱۳۴۵	۲۷/۹۵	۹۶۵/۲۱
ده صومعه	کردان	۴۱-۰۹۵	۳۶۰	۱۳۴۸-۷۴	۱۳۴۸-۷۴	۲۷	۳۵۷	۱۰/۳۸	۶۵/۳۱
سیرا(کرج)	کرج	۴۱-۱۰۱	۷۲۵	۱۳۴۷-۷۵	۱۳۴۷-۷۵	۲۹	۳۷۸۰	۲۲/۵۷	۰/۵۱
بیلقان	کرج	۴۱-۱۰۳	۱۱۲۰	۱۳۴۷-۷۵	۱۳۴۷-۷۵	۲۸	۴۶۵	۲۵/۸۷	۶۱/۹۴
لتیان	جاجرود	۴۱-۱۱۷	۴۱۶	۱۳۴۷-۷۵	۱۳۴۷-۷۵	۲۴	۵۲۰	۱۶/۸۴	۲۴۹/۲۲
رودک	جاجرود	۴۱-۱۱۹	۷۱۰	۱۳۴۸-۷۵	۱۳۴۸-۷۵	۲۵	۲۰۸۴	۹/۸۶	۳۹/۳۹

روش تحقیق

در این تحقیق ابتدا ویژگی‌های مهم دبی موثر بار معلق شامل مقدار، مدت زمان تداوم (فراوانی) و دوره بازگشت محاسبه (مراحل الف تا ج) و سپس مقدار دبی با دوره بازگشت ۱/۵ سال ($Q_{1.5}$) برآورد شد.

الف- مقدار دبی موثر: به منظور تعیین مقدار دبی موثر و خصوصیات آن نیاز به آمار دبی جریان روزانه و غلظت یا دبی رسوب و دبی آب هم‌زمان است ولی تعیین پایه زمانی مشترک ضروری نیست و انجام کار، شامل فرآیند چند مرحله‌ای به شرح زیر است.

۱- ترسیم نمودار تابع چگالی احتمال دبی جریان روزانه (توزیع فراوانی جریان روزانه). بدین صورت که دبی‌های جریان روزانه به صورت صعودی مرتب و تعداد مشاهدات هر دبی (یا تعداد مشاهدات دبی‌ها در یک طبقه در صورتی که تعدادی طبقه برای دبی جریان انتخاب می‌شود) شمارش می‌شود. دبی موثر بار معلق هم براساس دبی‌های منفرد

روزانه و هم طبقات دبی جریان روزانه (Benson و Thomas، ۱۹۶۶؛ Biedenharn و همکاران، ۱۹۹۹) تعیین می‌شود. گرچه در اکثر تحقیقات، دبی موثر براساس طبقه دبی جریان روزانه به‌دست آمده، ولی به‌دلیل نبود روش علمی و منطقی در این زمینه که نتایج متفاوتی بدنبال داشته، امکان مقایسه با سایر تحقیقات را مشکل‌تر نموده، بهتر است از تعیین تعداد طبقات بر اساس سلیقه خودداری نموده، با تک‌تک دبی‌های روزانه تحلیل آماری انجام گیرد (Sichingabula، ۱۹۹۹). از این رو در تحقیق حاضر مبنای کار براساس دبی جریان روزانه به‌صورت جداگانه قرار داده شد. سپس تعداد مشاهدات هر دبی بر تعداد سال‌های آماری موجود تقسیم می‌شود تا احتمال وقوع دبی مورد نظر به طور متوسط در یک سال به‌دست آید و در نهایت نمودار تابع چگالی احتمال جریان روزانه براساس احتمال وقوع دبی در برابر دبی جریان روزانه، ترسیم می‌شود.

۲- ترسیم منحنی سنج رسوب، منحنی سنج رسوب از طریق ترسیم دبی رسوب در برابر دبی آب هم‌زمان اندازه‌گیری شده، به روش حد وسط دسته‌ها برای ایستگاه‌های مورد مطالعه به‌دست آمد.

۳- ترسیم نمودار تابع چگالی احتمال حمل رسوب (دبی رسوب روزانه بر حسب تن در روز در برابر دبی جریان روزانه بر حسب متر مکعب بر ثانیه). دبی رسوب روزانه با استفاده از ضرایب منحنی سنج رسوب برای تابع چگالی احتمال دبی جریان روزانه به‌دست می‌آید. مقدار پیک تابع چگالی احتمال حمل رسوب، دبی موثر بار معلق خواهد بود (Andrews، ۱۹۸۰). جدول ۲ نمونه‌ای از مراحل تعیین دبی موثر بار معلق را نشان می‌دهد که در آن دبی ۱/۴ متر مکعب بر ثانیه، دبی موثر بار معلق است.

جدول ۲- تعیین مقدار دبی موثر بار معلق

دبی رسوب بار معلق (تن در روز)	نسبت تعداد مشاهدات به ۲۴ سال آمار موجود	تعداد مشاهدات دبی در سال‌های آماری موجود	دبی جریان روزانه ($m^3 s^{-1}$)
۰	۰/۰۴۱۷	۱	۰
۰/۰۰۱	۰/۰۴۱۷	۱	۰/۳۱
۰/۰۱۸	۰/۰۸۳	۲	۰/۶۹
۰/۰۸	۰/۱۶۷	۴	۰/۹۲
۰/۰۳۸	۰/۰۴۱۷	۱	۱/۱۶
۰/۱۸۹	۰/۱۶۷	۴	۱/۳۵
۰/۲۵۱	۰/۲۰۸	۵	۱/۲۸
۰/۱۱۹	۰/۰۸۳	۲	۱/۳۶
۰/۲۴۲	۰/۱۶۷	۴	۱/۳۷
۰/۸۳۵	۰/۵۴۲	۱۳	۱/۴

ب- مدت زمان دبی موثر: مدت زمان دبی موثر، تعداد روزهایی را که دبی موثر در رودخانه جریان دارد نشان می‌دهد و از طریق منحنی‌های تداوم جریان (ترسیم دبی مرتب شده به‌صورت نزولی در محور Yها و درصد زمانی که دبی جریان برابر یا بیش‌تر از دبی مشخصی است، در محور Xها) محاسبه می‌شود. از طریق این منحنی می‌توان درصد زمانی که ۵۰ درصد بار رسوبی حمل می‌شود و تداوم دبی با دوره بازگشت ۱/۵ سال ($Q_{1.5}$) را نیز تعیین نمود. بدون شک طول دوره آماری خصوصیات دبی موثر را تحت تاثیر قرار خواهد داد.

ج- دوره بازگشت دبی موثر: به‌منظور تعیین دوره بازگشت دبی موثر نیاز به آمار دبی حداکثر لحظه‌ای است. اما در صورتی که چنین آمار و اطلاعاتی در دسترس نباشد می‌توان از دبی حداکثر سالانه استفاده نمود (Orndorff و Whiting، ۱۹۹۹). لذا با استفاده از داده‌های حداکثر سیل، تحلیل فراوانی سیل انجام می‌گیرد. تحلیل فراوانی سیل به دو روش قابل انجام است:

الف) دوره بازگشت دبی حداکثر لحظه‌ای از طریق توزیع آماری مناسب مثلاً پیرسون نوع سوم برآورد شود اما ممکن است اشتباهی در انتخاب توزیع آماری و نهایتاً خطای معنی‌داری ایجاد شود (Nash، ۱۹۹۴).

ب) با استفاده از روش‌های تجربی، تحلیل فراوانی سیل انجام می‌شود. برای این کار ابتدا دبی‌های حداکثر لحظه‌ای به صورت نزولی مرتب و سپس دوره بازگشت هر دبی از طریق رابطه ویبول محاسبه می‌شود.

$$R = \frac{n+1}{m} \quad (1)$$

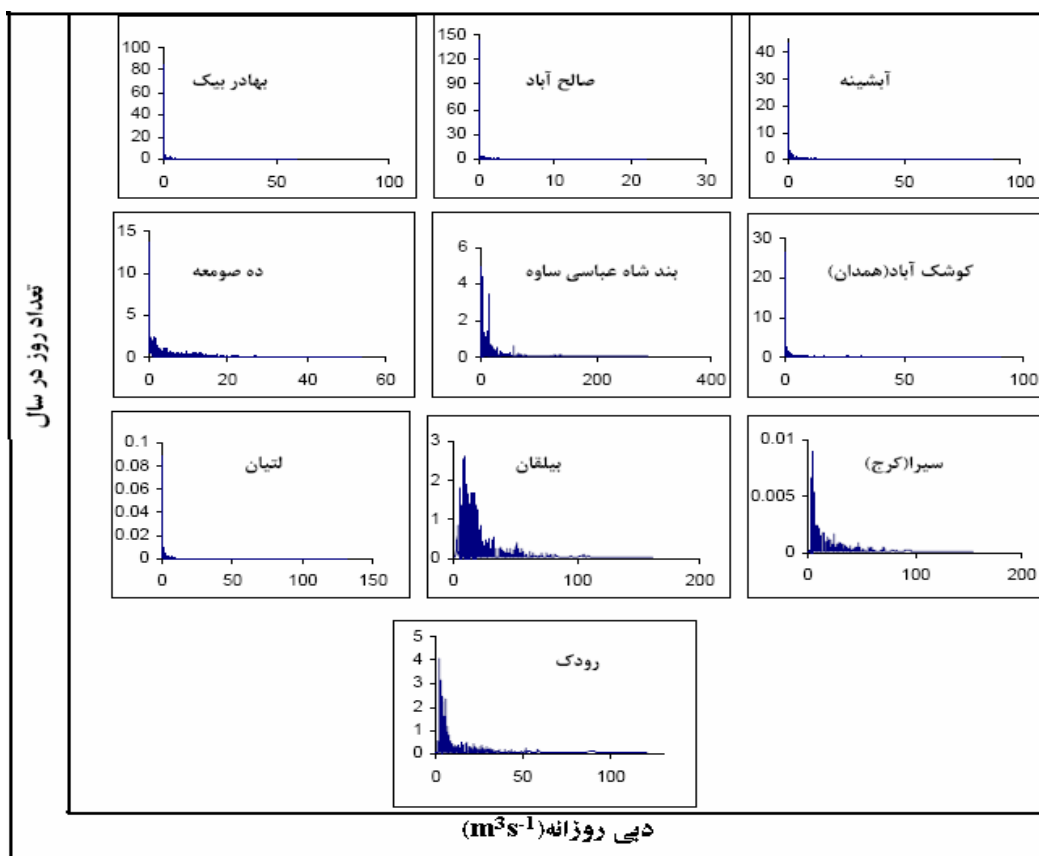
که در آن، R ، دوره بازگشت به سال، n ، تعداد سال‌های آماری و m ، رتبه هر دبی است. مقدار دبی جریان در برابر دوره بازگشت (با محور لگاریتمی X) رسم می‌شود تا اینکه منحنی فراوانی تجربی به دست آید. سپس دوره بازگشت دبی موثر از طریق درون یابی خطی به طور تقریبی تخمین زده می‌شود.

د- دبی با دوره بازگشت ۱/۵ سال ($Q_{1.5}$): به منظور محاسبه دبی با دوره بازگشت ۱/۵ سال ($Q_{1.5}$)، از روابط منحنی دبی حداکثر سالانه در برابر دوره بازگشت آن‌ها (به روش تجربی ویبول) استفاده شد. بدین ترتیب که با مشخص بودن دوره بازگشت (۱/۵ سال) و استفاده از روابط مربوطه در هر ایستگاه، مقدار دبی با دوره بازگشت ۱/۵ سال ($Q_{1.5}$) به دست می‌آید.

نتایج و بحث

ویژگی‌های مهم دبی موثر بار معلق، مقدار، مدت زمان تداوم (فراوانی) و دوره بازگشت آن است. از این رو با ترسیم نمودارهای مربوطه، این مشخصه‌ها برای ایستگاه‌های مورد مطالعه به دست آمد که به شرح زیر است.

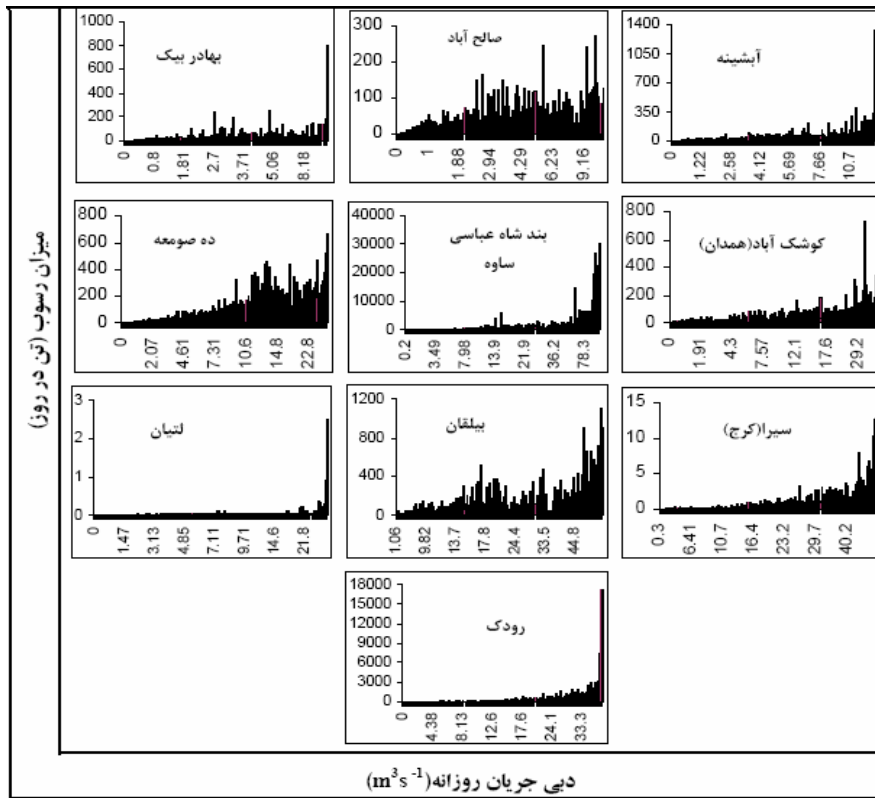
۱. تابع چگالی احتمال جریان رودخانه برای دبی جریان روزانه در مدت زمان مورد مطالعه (شکل ۲)،



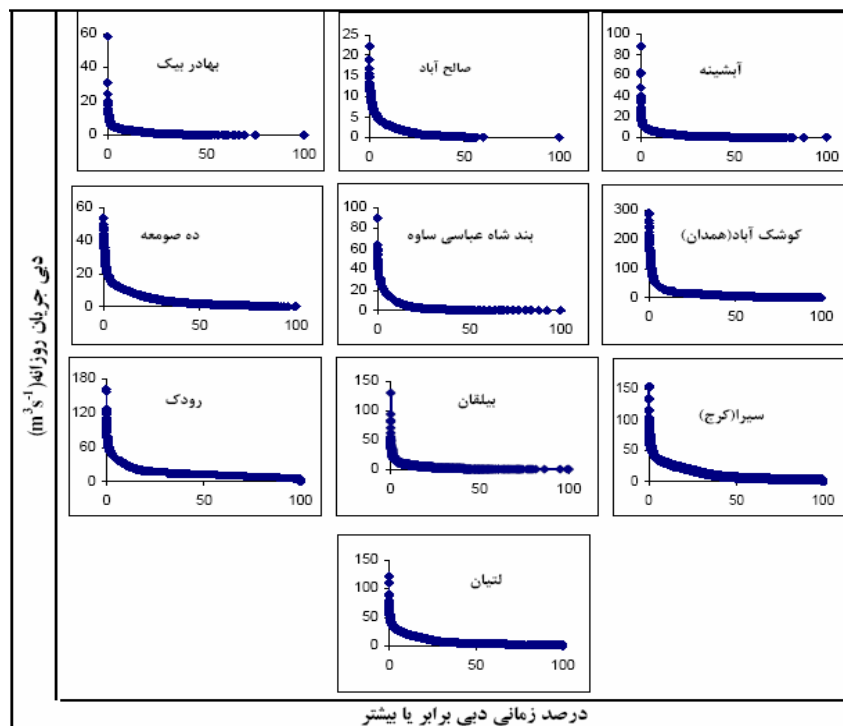
شکل ۲- نمودار تابع چگالی احتمال برای دبی جریان روزانه در مدت زمان مورد مطالعه ایستگاه‌ها

۲. تابع چگالی احتمال رسوب از طریق ترسیم دبی رسوب روزانه (تن در روز) در برابر دبی جریان روزانه (شکل ۳)،

۳. منحنی‌های تداوم دبی جریان روزانه (شکل ۴)،



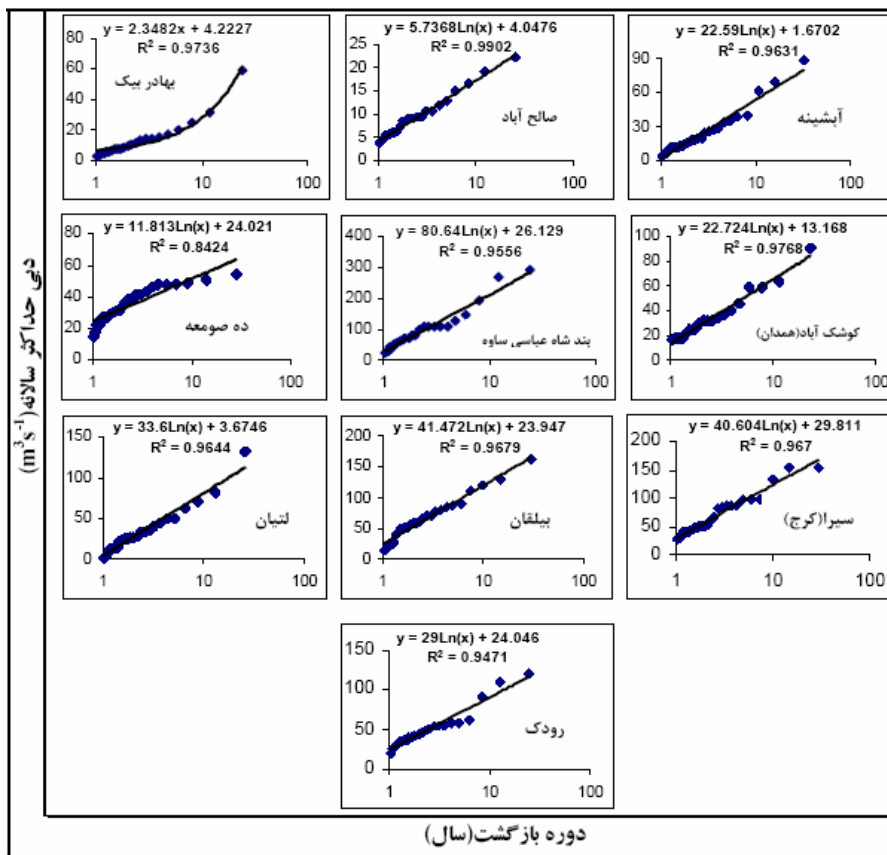
شکل ۳- نمودار تابع چگالی احتمال بار معلق برای ایستگاه‌های مورد مطالعه که ماکزیمم آن دبی موثر بار معلق است



شکل ۴- منحنی احتمال تجاوز دبی جریان روزانه در ایستگاه‌های مورد مطالعه

۴. دوره بازگشت دبی موثر رسوب معلق بر روی سری دبی‌های بیشینه سالانه که بر اساس معادله ویبول محاسبه و در نمودار جداگانه‌ای ترسیم شد (شکل ۵). همچنین برای نتیجه‌گیری بهتر، برای هر یک از ایستگاه‌های مورد مطالعه،

دبی متوسط (Q_{avg})، دبی های حداقل و حداکثر سالانه (Q_{min} ، Q_{max})، دبی های $1/25$ ، $1/5$ و 2 ساله (به ترتیب $Q_{1.25}$ ، $Q_{1.5}$ و Q_2) نیز ارائه شده است (جدول ۳).



شکل ۵- دوره بازگشت دبی حداکثر سالانه به روش تجربی ویبول در ایستگاه‌های مورد مطالعه

جدول ۳- پارامترهای هیدرولوژیکی مربوط به هر یک از ایستگاه‌ها که دبی موثر برای آن‌ها محاسبه شده است

$Q_2(m^3 s^{-1})$	$Q_{1.5}(m^3 s^{-1})$	$Q_{1.25}(m^3 s^{-1})$	$Q_{max}(m^3 s^{-1})$	$Q_{min}(m^3 s^{-1})$	$Q_{avg}(m^3 s^{-1})$	ایستگاه
۱۷/۳۳	۱۰/۸۳	۶/۷۱	۸۸/۲	۰	۶/۰۷	آبشینه
۸/۰۲	۶/۳۷	۵/۳۲	۲۲/۱	۰	۴/۱۷	صالح آباد
۸/۹۲	۷/۷۴	۷/۱۶	۵۸/۸۳	۰	۴/۱	بهدادر بیک
۲۸/۹۲	۲۲/۴	۱۸/۲۴	۹۰/۴	۰	۱۱/۹	کوشک آباد(همدان)
۸۲/۰۲	۵۸/۸	۴۴/۱۲	۲۹۰	۰/۲	۲۷/۹۵	بند شاه عباسی ساوه
۳۲/۲۱	۲۸/۸	۲۶/۶۶	۵۳/۸۸	۰	۱۰/۳۸	ده صومعه
۵۷/۹۵	۴۶/۳	۳۸/۸۷	۱۵۴/۵۴	۰/۳	۲۲/۵۷	سیرا(کرج)
۵۲/۷	۴۰/۸	۳۳/۲	۱۶۲	۱/۰۶	۲۵/۸۷	بیلقان
۲۶/۹۶	۱۷/۳	۱۱/۱۷	۱۳۱/۵	۰	۹/۸۵	لتیان
۴۴/۱۴	۳۵/۸	۳۰/۵۲	۱۲۰/۹۱	۰	۱۶/۸۴	رودک

نتایج حاصله نشان می‌دهد که مقدار دبی موثر رسوب معلق در ایستگاه‌های مورد مطالعه بین $11/2$ تا 162 و به طور متوسط $107/24$ مترمکعب بر ثانیه و فراوانی آن بین $0/00009$ تا $0/41$ روز در سال با دوره بازگشت $2/32$ تا

۴۴/۹ و به طور متوسط ۲۰/۳ سال است. میزان رسوبی که به وسیله دبی موثر انتقال می یابد نسبت به رسوب معلق سالانه بین ۰/۵۱ تا ۱۳/۲ درصد تغییر می کند (جدول ۴). از مقایسه مقادیر دبی موثر بار معلق (جدول ۴) و پارامترهای هیدرولوژیکی (جدول ۳) می توان چنین نتیجه گرفت که در تمامی ایستگاه های انتخابی دبی موثر بار معلق بزرگ تر از دبی ۱/۵ ساله (Q_{1.5}) بوده و حتی در هفت ایستگاه همان دبی حداکثر سالانه در دوره آماری است. بنابر این در حوزه آبخیز دریاچه نمک دبی موثر بار معلق یک پدیده نادر و بیشینه است.

جدول ۴- ویژگی های دبی موثر بار معلق در ایستگاه های مورد مطالعه

مدت زمان دبی بیش تر از دبی موثر درصد	نسبت میزان رسوب دبی موثر به سالانه درصد	میزان رسوب معلق سالانه به تن (ΣQS)	ویژگی دبی موثر بار معلق (Q _{eff})				ایستگاه
			مدت زمان از سال درصد	دوره بازگشت (سال)	میزان رسوب (تن)	میزان دبی (m ³ s ⁻¹)	
۰/۰۲	۵/۰۵	۲۶۴۷۷/۹	۰/۰۶۵	۴۳/۷	۱۳۳۶/۸	۸۸/۲	آبشینه
۰/۳۸	۱/۵	۱۸۳۴۷/۲۲	۰/۲۵	۳/۴۸	۲۷۴/۷۳	۱۱/۲	صالح آباد
۰/۰۱۳	۰/۵۱	۱۵۵۰۷/۴۶	۰/۰۴	۲۳/۲۵	۷۹/۳۷	۵۸/۸۳	بهدار بیک
۱/۰۲۶	۱/۸۳	۳۹۸۸۶/۸۶	۰/۴۱	۲/۳۲	۷۳۱/۸۶	۳۲/۲۸	کوشک آباد (همدان)
۰/۰۱۱	۱/۶۶	۱۸۱۲۶۵۸/۶	۰/۰۴	۳/۲۷	۳۰۰۲۲/۳	۲۹۰	بند شاه عباسی ساوه
۰/۰۱	۰/۷۳	۹۱۵۶۴/۱۷	۰/۰۴	۲/۵۳	۶۷۲/۹۸	۵۳/۸۸	ده صومعه
۰/۰۰۹	۱/۰۸	۱۲۰۰	۰/۰۰۰۰۹	۲۱/۵۸	۱۳	۱۵۴/۵۴	سیرا (کرج)
۰/۰۰۹	۰/۷۴	۱۲۱۸۴۵/۷	۰/۰۳	۳/۳۳	۹۰۷/۳۴	۱۶۲	بیلقان
۰/۰۷	۳/۸۳	۴۴۶۰۹۷/۹	۰/۰۴۲	۹/۷۲	۱۷۰۹۵/۴	۱۳۱/۵	لتیان
۰/۰۱۱	۱۳/۲	۳۹/۴	۰/۰۰۰۱	۴۴/۹	۲/۵	۹۰	رودک

دبی موثر، به عنوان دبی که بیشترین مقدار رسوب سالانه را در طولانی مدت در مقایسه با سایر دبی ها در رودخانه ها حمل و دبی کنترل کننده مقطع عرضی رودخانه بوده، مورد قبول اکثر محققین قرار گرفته است. از مزایای مطالعات منطقه ای دبی موثر بار معلق، ارائه معیاری برای پیش بینی مقادیر دبی موثر بار معلق در رودخانه های فاقد آمار و اطلاعات جریان و رسوب و مقایسه حوزه های آبخیز از نظر رسوبدهی است. همچنین با مشخص بودن دبی موثر، می توان ابعاد مقطع عرضی رودخانه را در محدوده مشخص مانند محل احداث پل ها، به گونه ای در نظر گرفت که کم تر دچار تغییر و تحول قرار گیرد. متأسفانه یکی از مشکلات در زمینه مطالعات دبی موثر بار معلق در بیش تر مناطق و به ویژه ایران فقدان اطلاعات جریان و رسوب برای حوضه های کوچک است، به گونه ای که در این مطالعه کوچک ترین حوضه انتخابی دارای مساحت برابر با ۱۶۵ کیلومتر مربع است. لذا این موضوع امکان نتیجه گیری خوب به صورت منطقه ای را با مشکلاتی مواجه می سازد. از طرفی در ایستگاه های اندازه گیری، پارامترهای مورد نیاز برخلاف دوره آماری مناسب، تعداد داده اندازه گیری شده کم (در این زمینه پیشنهاد شده است که حداقل بایستی برای ۹۰٪ جریانات، نمونه رسوب برداشته شود (Crowder و Knapp, ۲۰۰۵)) و حتی برخی از این داده ها به دلایل مختلف از جمله تغییرات بستر در محل ایستگاه ها دارای دقت کافی نیستند. با وجود این یافتن راه حل مناسب همیشه هدف محققین بوده است. در این تحقیق از نتایج مطالعاتی انجام شده در سایر نقاط جهان که با چنین مشکلاتی مواجه بوده، پیشنهادات مفیدی در زمینه محاسبه دبی موثر به همراه داشته اند، استفاده شد. علاوه بر این برای تعیین این که مقادیر دبی موثر بین رودخانه های کوچک و بزرگ تغییر می کند یا خیر، نیاز به بررسی روش های مختلف محاسبه دبی موثر و مطالعات صحرایی از مقاطع عرضی رودخانه در طولانی مدت به ویژه در زمان وقوع پدیده های نادر و حداکثر و نمونه برداری از رسوب در چنین شرایطی است (Biedenharn و همکاران، ۱۹۹۹). به طور کلی نتایج به دست آمده حاکی از اختلاف زیاد بین مقادیر دبی موثر بار معلق و دبی ۱/۵ ساله است و با نتایج به دست آمده به وسیله Williams

(۱۹۷۸)، Andrews (۱۹۸۰)، Nolan و همکاران (۱۹۸۷)، Pitlick (۱۹۸۸) و Knapp و Crowder (۲۰۰۵) هم‌خوانی دارد. دبی موثر بار معلق، معادل دبی با دوره بازگشت ۱/۵ سال نیست و مقدار آن حدود ۱/۴۴ تا ۸/۱۴ برابر دبی ۱/۵ ساله ($Q_{1/5}$) است. این موضوع نشان می‌دهد که اولاً با تعداد سال آماری محدود نمی‌تواند در مناطق مشابه منطقه مورد مطالعه در مورد ویژگی‌های دبی موثر بار معلق بحث نمود. ثانیاً نقش پدیده‌های نادر و بزرگ در انتقال بیش‌ترین رسوب در حوزه‌های آبخیز مناطق خشک و نیمه خشک بسیار زیاد است. اما در ارتباط با عدم انطباق این دو دبی با یک‌دیگر می‌توان دو دلیل بیان نمود. اول این‌که نتایج ممکن است تحت تأثیر انتخاب دبی بیشینه سالانه به جای بیشینه لحظه‌ای در تجزیه و تحلیل فراوانی سیل قرار گرفته باشد، زیرا در مناطق خشک و نیمه خشک نظیر این حوضه اختلاف بین این دو نوع دبی زیاد است. به هر حال انتخاب یکی از دو دبی مذکور به‌عنوان اساس کار بایستی معرفی شود. دوم این‌که دبی موثر، پدیده‌های بزرگ و نادر در مناطق خشک و نیمه خشک است. در نهایت انجام مطالعات بیش‌تر در این زمینه در مناطق با اقلیم‌های مختلف و در رودخانه‌های فصلی تا دائمی برای رسیدن به یک نتیجه قطعی پیشنهاد می‌شود.

منابع مورد استفاده

1. Andrews, E.A. 1980. Effective and bankfull discharges of streams in the Yampa River Basin, Colorado and Wyoming. *Journal of Hydrology*, 46:311–330.
2. Benson M.A. and D.M. Thomas. 1966. A definition of dominant discharge. *Bulletin of the International Association of Scientific Hydrology* 11: 76–80.
3. Biedenharn D.S. and C.R. Thorne. 1994. Magnitude–frequency analysis of sediment transport in the lower Mississippi River. *Regulated Rivers: Research and Management*, 9:237–251.
4. Biedenharn, D.S., C.R. Thorne, P.J. Soar, R.D. Hey and C.C. Watson. 1999. A practical guide to effective discharge calculation. In: Watson, C.C., Biedenharn, D.S., Thorne, C.R. (Eds.), *Demonstration Erosion Control: Design Manual*. Engineer Research and Development Center. U.S. Army Corps of Engineers, Vicksburg, MS, pp. 239–274.
5. Costa, J. E. 1974. Stratigraphic, morphologic, and pelagic evidence of large floods in humid environments: *Geology*, 2:301–303.
6. Crowder, D.W., and H.V. Knapp. 2005. Effective discharge recurrence intervals of Illinois streams, *Geomorphology*, 64:167–184.
7. Dunne, T. and L.B. Leopold. 1978. *Water in Environmental Planning*. Freeman, San Francisco, 818 pp.
8. Emmett, W. M. 1975. The channels and waters of the upper Salmon River area, Idaho: U.S. Geological Survey Professional Paper 870-A, 115 p. Conference, Denver, Colorado, 22-25 March. Sedimentation Committee, Water Resources Council, 4:100-113.
9. Emmett, W.W. and M.G. Wolman. 2001. Effective discharge and gravel- bed rivers. *Earth Surface Processes and Landforms*, 26:1369-1380.
10. Federal Interagency Stream Restoration Working Group (FISRWG), 1998. *Stream Corridor Restoration: Principles, Processes, and Practices*. GPO Item No. 0120-A; SuDocs No. A 57.6/2:EN 3/PT.653, ISBN-0-934213-59-3.
11. Grant, G. E., F.J. Swanson and M.G. Wolman. 1990. Pattern and origin of stepped-bed morphology in high gradient streams, Western Cascades, Oregon: *Geological Society of America Bulletin*, 102:340–352.
12. Heins, A. and A. Simon, 2002. An Investigation of Effective Discharge for Suspended Sediment by Level III Ecoregion, American Geophysical Union, Fall Meeting, abstract H22C-0907.
13. Nash, D.B. 1994. Effective sediment-transporting discharge from magnitude–frequency analysis. *Journal of Geology* 102, 79–95.
14. Nolan, K.M., T.E. Lisle and H.M. Kelsey. 1987. Bankfull discharge and sediment transport in northwestern California. *Proceedings, Erosion and Sedimentation in the Pacific Rim*, IAHS Publication, Wallingford, UK, 165:439–449.
15. Orndorff, R.L., and P. J. Whiting. 1999. Computing Effective discharge with S-PLUS, *Computers & Geosciences*, 25: 559-565.
16. Pickup, G. and R.F. Warner. 1976. Effects of hydrologic regime on magnitude and frequency of dominant discharge. *Journal of Hydrology*, 29:51–75.
17. Pitlick, J. 1988. Response of coarse bed rivers to large floods in Colorado and California [Ph.D. dissert.]: Fort Collins, Colorado State University, 137 p.

18. Sickingabula, H.M. 1999. Magnitude–frequency characteristics of effective discharge for suspended sediment transport, Fraser River, British Columbia, Canada. *Hydrological Processes*, 13:1361-1380.
19. Simon, A., W. Dickerson and A. Heins. 2004. Suspended-sediment transport rates at the 1.5-year recurrence interval for ecoregions of the United States: transport conditions at the bank-full and effective discharge? *Geomorphology*, 58: 243–262.
20. Thorne, C.R., R.G. Allen and A. Simon. 1996. Geomorphological river channel reconnaissance for river analysis, engineering and management, *Transactions of the Institute of British Geographers*, 21:469-483.
21. Whiting, P.J., J.F. Stamm, D.B. Moog and R.L. Orndorff. 1999. Sediment- transporting flows in headwater streams. *Bulletin of the Geological Society of America*, 111(3):450–466.
22. Williams, G.P. 1978. Bankfull discharge of rivers. *Water Resources Research*, 14:1141-1154.
23. Wolman, M.G. and J.P. Miller. 1960. Magnitude and frequency of forces in geomorphic processes, *Geology*, 68:54– 74.

Investigating the conformity of suspended sediment effective discharge and 1.5 years return period discharge in Daryache Namak river Basin

Jafar Dastoorani¹, Scientific Board, Faculty of Natural Resources, Kordestan University, Iran

Ali Fazlollahi, MSc, Faculty of Natural Resources, Tehran University, Iran

Ali Salajeghe, Assistant Professor, Faculty of Natural Resources, Tehran University, Iran

Ghasem Dastoorani, BSc, Sabzevar Environmental Office, Iran

Received: 13 February 2010

Accepted: 17 July 2010

Abstract

Effective discharge (Q_{eff}) that transports the most of suspended sediment in rivers and controls the bed conditions is an important criterion for evaluating the quality of water. Q_{eff} usually has 1.5 years recurrence interval on the yearly maximum flood data series. For examining similarity between Q_{eff} and $Q_{1.5}$ in ten stations of Daryacheh Namak Drainage Basin, at first the probability density function (pdf) of daily flows and sediment rating curves was plotted, after that probability density function of suspended sediment was constructed by multiplying the coefficient of sediment rating curves with pdf of daily flows. Then its recurrence interval was estimated by Vibul's method. The results showed that there are not any similarities between Q_{eff} and $Q_{1.5}$, and the ratio of Q_{eff} to $Q_{1.5}$ ranged from 1.03 to 16.8. Therefore more research is required to reach more certain result.

Key words: Daily flow, Hydrometric station, Probability density function, sediment rating curve, Vibul

¹ j_dastorani@yahoo.com